

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РОССИИ

ВЗГЛЯД ИЗДАЛЕКА

Сегодня электронная промышленность – основа экономического благополучия и обороноспособности развитых стран. В России, несмотря на кардинальное отставание, возникшее за истекшие 15 лет, расходы на информационные технологии растут. Продажи компьютеров и мобильных телефонов каждые три года увеличиваются в три раза. И эта тенденция сохранится до тех пор, пока страна не выйдет на среднеевропейские показатели оснащения электронной техникой. Вместе с тем, сейчас в России производство компонентной базы, в первую очередь изделий микроэлектроники, практически отсутствует. А это грозит всем отраслям промышленности страны потерей конкурентоспособности, что может привести к самым драматическим и непредсказуемым последствиям для всей мировой политики и, возможно, судьбы человечества. Попытаемся ответить на извечный вопрос "Кто виноват и что делать?"

Согласно оценкам, общий рынок электроники в России в 2003 году составил 30–40 млрд. долл. Но покрывался он практически целиком импортными изделиями. При этом в мире на долю микросхем, как правило, приходится ~25% мирового объема продаж изделий электроники (рис. 1), т.е. на российском рынке их было продано на сумму примерно в 10 млрд. долл. Эта цифра – оценка потенциального рынка 2003 года. Реальный же рынок компонентов в России составил всего 1,5 млрд. долл., что связано с тем, что электронная техника в России практически не производится (имеется незначительное производство компьютеров и освоена "красная сборка"). Согласно прогнозам аналитической компании iSuppli, мировой объем продаж кремниевых микросхем в 2004 году должен был составить 226 млрд. долл., т.е. на долю компонентов российского производства придется менее 1% рынка. Однако с учетом быстрого роста продаж электроники и средств телекоммуникаций в России, которые к концу десятилетия составят не менее

Представляем автора статьи

ЛЕДЕНЦОВ Николай Николаевич, Д-р физ.-мат. наук, член-корреспондент РАН по отделению общей физики и астрономии. Специалист в области технологии получения и исследования свойств гетероструктур с размеренным квантованием.



Н.Леденцов

100 млрд. долл., а также с учетом рынка стран СНГ, потенциальный рынок электронных компонентов в стране в ближайшие годы достигнет очень заметных объемов, но покрываться он будет импортом.

Вместе с тем, отставание в области микроэлектроники чревато полной потерей конкурентоспособности всех отраслей промышленности. Так, доля электронных узлов в стоимости современного автомобиля в среднем составляет ~30%, и следовательно автомобиль, не оснащенный электронными системами, не конкурентоспособен на мировом рынке. Особая роль принадлежит электронике в авиационной и авиакосмической отраслях. Отсутствие сверхбыстрых специализированных компьютерных систем делает бессмысленным любые традиционные системы вооружения, а по мере развертывания космических систем противоракетной обороны, и ядерные. Электронные и оптоэлектронные компоненты и системы питают и другую стратегическую многомиллиардную отрасль мировой экономики – телекоммуникации.

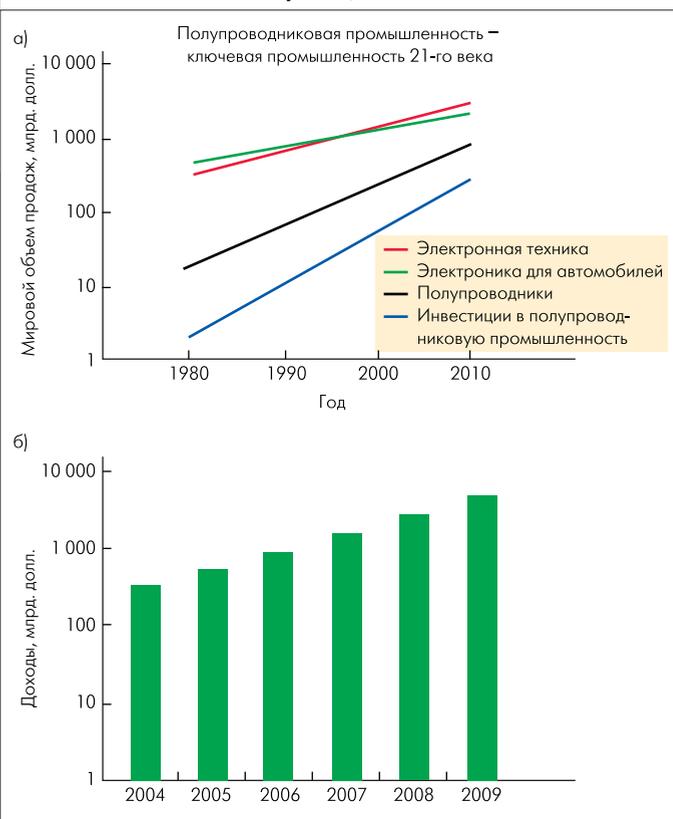


Рис. 1 Прогноз развития мировой электронной техники и полупроводниковой промышленности (а), а также телекоммуникационных услуг (б) (Источник: Insight Research)

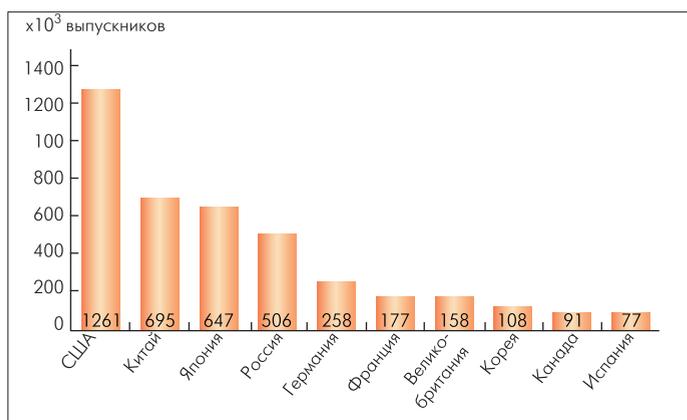


Рис.2. Десять ведущих стран по числу ученых

ИСХОДНЫЕ РУБЕЖИ

В России накоплен огромный научно-технический потенциал (она занимает четвертое место в списке стран с наибольшим числом ученых, рис.2), который сегодня активно используется за рубежом. В частности, на базе российских технологий построены такие компании, как Google, выпустившая известную поисковую систему в Интернете, Parametric Technologies, Genesys (приобретенная компанией Alcatel за 1,5 млрд. долл.) и др. В стране работает большое число квалифицированных ученых, в том числе и молодых.

После тяжелого периода, когда практически был разрушен потенциал отраслевых наук, научный потенциал России оказался сосредоточен исключительно в Российской академии наук. РАН – гибкая организация. Ведущую роль в ней играют научные группы, которые при условии финансирования в требуемом объеме и уплаты соответствующих налогов, самодостаточны. Благодаря централизованному управлению непрофильная или противозаконная деятельность РАН исключена или минимизирована.

Академия наук дала России всех нобелевских лауреатов в области физики и химии, сыграла важнейшую роль в создании атомной и водородной бомб, космической промышленности, ракетно-ядерного щита, внесла большой вклад в развитие полупроводниковой и лазерной технологий (три нобелевских лауреата: Г.Н.Басов, А.М.Прохоров, Ж.И.Алферов). По сути РАН являлась возобновляемым источником высококвалифицированных кадров для стратегических проектов СССР и его промышленности. На ее основе формировались коллективы молодых ученых, быстро и эффективно решавших задачи колоссальной сложности (создание атомной бомбы потребовало прорыва в десятках самых разнообразных направлений науки и технологии – от техники сверхвысокого вакуума и масс-спектрологии до комплексных технологических методов и разработки нового математического аппарата).

Еще одно важное достоинство РАН – интеграция в систему образования, что, с одной стороны, вызвано необходимостью привлечения молодых кадров, а с другой – интересами ученых (поиск сту-

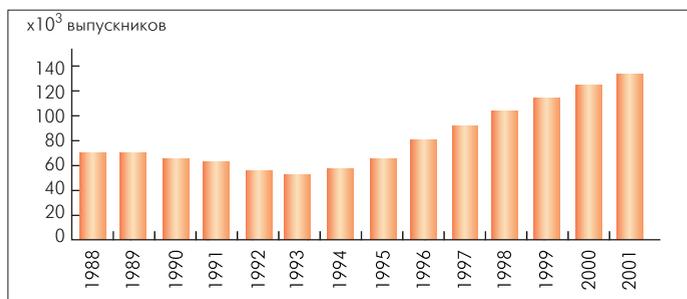


Рис.3. Изменение числа выпускников российских вузов по годам

дентов и аспирантов и связанный с этим персональный рост, приобретение профессорских позиций). А вузы, число выпускников которых сейчас непрерывно растет (рис.3), стремятся получить доступ к оборудованию Академии и использованию ее высокого авторитета для повышения вероятности финансирования, особенно при подаче международных проектов.

Поскольку РАН тесно связана с государством, она, объективно, постоянно заинтересована в существовании сильного государства, ориентированного на преимущественное развитие высоких технологий, а не на "сырьевое" обслуживание развитых стран. Благодаря общественно-государственному статусу РАН, ее институты и группы равнодоступны для заинтересованных партнеров.

ПРОБЛЕМЫ ПОДЪЕМА ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

В современных условиях, когда электронная промышленность играет определяющую роль в экономике развитых стран, финансовые расходы и трудозатраты, необходимые для преодоления отставания, колоссальны. Стоимость строительства современного завода по производству микросхем (по сути уже наноэлектронных) схем достигает 2–3 млрд. долл. Только минимальная стоимость лицензий составляет 300–400 млн. долл., а операционные расходы – многие десятки миллионов долларов в год. В отсутствие развитого рынка, опытных менеджеров и в условиях активной конкуренции на мировых рынках экономический эффект даже при успешном запуске завода и полной государственной поддержке маловероятен. Таким образом, в современных условиях возрождение электроники России возможно только при участии частного национального капитала и его управленческих структур. Но без очевидных перспектив на получение прибыли рассчитывать на привлечение заметных частных инвестиций невозможно.

Другая проблема – постоянное устаревание знаний. Активный жизненный цикл каждого поколения микросхем – два года. При современных топологических нормах (компания Intel объявила о планах выпустить в 2005 году процессор, выполненный по 65-нм технологии) смена поколений микросхем ускоряется, подходы к их конструированию диверсифицируются и роль реализации принципиально новых решений кардинально возрастает. Можно отметить проблемы медных соединений, не способных работать на частотах выше 10 ГГц; проблемы синхронизации микросхем, вызвавшие переход к процессорам с несколькими ядрами (компания Intel и AMD); проблемы эталона электронных "часов", с увеличением частоты которых ограничения на ее устойчивость становятся более жесткими. Все это стимулирует поиск путей внедрения оптических межсоединений (компания Intel) и оптических систем синхронизации. Необходим и поиск новых диэлектриков, методов получения нанодисперсных металлов и пр. Все конструкционные и технологические решения должны быть защищены патентами.

Таким образом, для создания конкурентоспособных изделий необходимы комплексные меры, предусматривающие наряду с созданием современных кремниевых производств формирование базы данных для постоянного поиска новых решений и закрепления за российскими компаниями связанной с этими решениями интеллектуальной собственности.

ПУТИ РЕШЕНИЯ

Экономический аспект. Государству следует установить приоритет воссоздания мощной электронной промышленности и АБСОЛЮТНУЮ приверженность этой концепции. Практическими могут стать следующие шаги:

- индикация необходимости ликвидировать "серый экспорт" электроники и электронных компонентов в России, выполнить на практике эту задачу или стимулировать перенос производства в Россию;
- участие в финансировании двух-трех конкурирующих полупроводниковых заводов, принадлежащих разным группам собственников (создание исходной базы электронной промышленности);
- признание необходимости устанавливать таможенные барьеры на продукцию, аналогичную производимой на вводимых в строй заводах (практически возможно лишь после их запуска);
- финансирование фундаментальных работ в приоритетных для развития микроэлектроники областях;
- инкубация компаний, их совместное финансирование с частным бизнесом;
- финансовая поддержка компаний с перспективными прототипами и развитой интеллектуальной собственностью, предоставление возможности покупки таких компаний стратегическими партнерами.

Рассмотрим принципы государственного инвестирования вновь образуемых компаний (start-ups) в Германии. Частный капитал (как правило, группа венчурных фондов) инвестирует 1 млн евро в высокотехнологичную компанию. Под эту сумму под небольшой процент выдается государственный "кредит инвесторам", равный 60–100% суммы инвестиций. В случае банкротства кредит с инве-

сторов не взыскивается. В результате капитал в 1 млн евро может инициировать частную инвестицию в 2 млн. евро. Далее, на 2 млн. евро "частных" инвестиций компания может получить грант (вероятность его получения почти 100%) в сумме полного частного финансирования с учетом займа "инвесторам", т.е. еще 2 млн. евро. Таким образом, полное финансирование уже составляет 4 млн. евро. И это – на изначально вложенный капитал в 1 млн евро (вернее даже на "гарантию вложения", так как реально инвестиция проходит частями, и в случае неудачного развития проекта фонды могут отказаться от финансирования). Компании, как правило, возникают в государственных или региональных инкубаторах, которые вкладывают средства в строительство производственных мощностей и сдают их в аренду частной компании на льготных условиях (налог 20–40% от реальной стоимости амортизации, а также материально-технического обслуживания и ремонта). Таким образом, реальная сумма финансирования уже достигает 8 млн. евро, и это при том, что частный капитал вложил всего 1 млн евро, а фактически на начальном этапе – всего 200–300 тыс. евро (по мере успешного выполнения компанией последующих этапов развития происходит "довложение" остальной суммы инвестиции – так называемые "опционы"). В случае провала на самом рискованном начальном этапе инвестиций частный капитал оказывается эффективно защищенным. С другой стороны, успешная компания, прошедшая начальный этап и показавшая востребованность и перспективность продвигаемой технологии (а частный капитал ищет только те технологии, которые способны революционизировать рынки и обеспечить возврат, превышающий вложенные деньги, как минимум, в десятикратном раз), в дальнейшем получает частные инвестиции в сотни миллионов евро, а расходы на начальные инвестиции со стороны государства, регионов и инкубаторов через налоги и отчисления полностью окупаются. Например, небольшая компания по производству лазерных SDL диодов была продана за 40 млрд. долл. Вот почему регионы соревнуются за привлечение высокотехнологичных компаний.

В случае, когда создание высокотехнологичных компаний рассматривается как приоритетная задача государства, страна, не имеющая практически никаких природных ресурсов, выходит в лидеры по уровням роста ВВП и доходов населения (например, Финляндия), тогда как более "богатые" природными ресурсами на душу населения страны (например, Норвегия) "неожиданно" оказываются далеко позади в рейтинге. А экономически развитые страны, такие как США, вообще замораживают разработки стратегически полезных ископаемых на своей территории.

Государство также стимулирует бесприбыльные научные организации и университеты к созданию интеллектуальной собственности и ее передаче компаниям на взаимовыгодных условиях. Конкурсные программы по созданию предзародышевых компаний получают государственное финансирование за счет инвестиции средств, достаточных для разработки интеллектуальной собственности. При этом иногда ставится условие закрепления деятельности компании в стране. В противном случае (продажа компании или перевод ее в другую страну, например в Израиль) покупатель должен в многократном размере компенсировать затраты на создание компании.

Частный капитал в проектах в области высокой технологии служит ядром для "честного" отбора конкурентоспособных компаний (при поддержке "пустой" технологии частный капитал теряет свой вклад). Конкурирующие многоуровневые инвестиционные фонды (от венчурных фондов, вкладывающих инвестиции на начальной фазе, т.е. фондов типа seed stage, с ресурсом в 2–3 млн. долл. до огромных пенсионных фондов с ресурсом в десятки миллиардов долла-

В соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 21 марта 1946 года "О премиях за научные открытия и технические достижения в области использования атомной энергии и за работы в области космического излучения, способствующие решению этой проблемы" было утверждено пять премий для поощрения научных и инженерно-технических работников.

Первая премия присуждалась за:

- разработку проверенного и принятого к промышленному применению метода получения плутония;
- выделение урана-235;
- получение урана-233;
- использование внутриатомной энергии;
- разработку проверенного способа защиты от атомной бомбардировки;
- важнейшие открытия в области атомного ядра и космического излучения;
- создание конструкции мощной установки искусственного получения потоков частиц высокой энергии.

Руководитель работы, удостоенной первой премии, получал денежное вознаграждение в размере 1 млн руб. и представлялся Советом Министров СССР к высшей степени отличия в области хозяйственного и культурного строительства – званию Героя Социалистического Труда. Кроме того, он получал:

- звание лауреата Сталинской премии первой степени;
- дом-особняк, дачу с обстановкой и легковую машину в собственность за счет государства;
- право на заграничные научные командировки за счет государства через каждые три года сроком от трех до шести месяцев;
- двойной оклад на все время работы в данной области;
- право на образование своих детей за счет государства в любых учебных заведениях страны;
- пожизненное право (для себя, жены и детей, до их совершеннолетия) бесплатного проезда в пределах СССР железнодорожным, водным и воздушным транспортом.

Источник: Атомный проект СССР. Т.2, кн.1, с.421–428.



ров) располагают колоссальным источником менеджмент-ресурсов и неограниченным капиталом. Как правило, фонды высокого уровня инвестируют в фонды более низкого уровня с тем, чтобы иметь возможность своевременного отбора перспективных компаний.

Формирование многоуровневой рыночной цепочки. Несмотря на огромное значение рынка электронных компонентов для развития экономики страны, эти компоненты являются лишь промежуточным продуктом, бессмысленным без конкретного применения. Вокруг каждого крупного предприятия по производству интегральных микросхем формируется целая совокупность компаний: от занятых только разработкой самых разнообразных микросхем как общего назначения, так и специализированных, созданием программного обеспечения и вплоть до компаний, выпускающих конечные продукты потребительского рынка, созданных на основе инноваций. Это в основном компании, поставляющие на рынок самую разнообразную продукцию, – от электронных игр до специализированных компьютеров, от телекоммуникационных систем до военной техники. Пример – компании Кремниевой Саксонии в Германии и, конечно, Кремниевой Долины в США.

Землепользование. Государство может и должно выделять значительные земельные наделы (в непосредственной близости от крупных научно-промышленных центров – Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Владивостока), которые, безусловно, очень дороги. Но поэтому они должны быть удобны для строительства основных предприятий электронной промышленности и формирования вокруг них технологических центров. При этом государство обязано жестко защищать ученых, инженеров, менеджеров от криминального воздействия.

Аспект менеджмента. Венчурный капитал в первую очередь обращает внимание на следующие три фактора: кадры, кадры и еще раз кадры. Немаловажное значение имеют также наличие значительного рынка перспективных изделий, проблема создания которых еще не решена, и технологии, призванной эту проблему решить.

Основной риск инвестиций – "менеджмент-риск". Слово "менеджмент" происходит от итальянского "managgiare", означающего умение управлять лошадью так, чтобы она исполняла требуемые движения, которые на свободе она выполняет произвольно. Таким образом, менеджмент – совокупность искусства и науки. Его задачи:

- стимулировать и направлять деятельность работников предприятия таким образом, чтобы она протекала в рамках порученного дела так же, как и при проявлении собственной инициативы и понимании взаимосвязей всех причин и последствий каждого конкретного решения;
- объединять усилия всех работников организации, с тем чтобы их деятельность была высокоэффективной и отвечала в целом интересам компании, которые они понимают и разделяют.

Привлечение опытных менеджеров – необходимое условие существования успешной компании.

Кадры для электронной промышленности должны формироваться в рамках национальной системы подготовки специалистов, в которую входят как вузы, так и научные учреждения, имеющие аспирантуру. Сегодня аспирантура – основной поставщик технических руководителей высокотехнологических компаний. В России ключевую роль в образовании играют университеты и учебные институты, тогда как высококвалифицированная аспирантура, для которой требуются современное оборудование и концентрация усилий на научном и инженерном поиске, в основном существует в институтах Академии наук.

Для выявления перспективных ученых и инженеров необходимы конкурсы идей и программ, оцениваемых в первую очередь по

А.Д.Сахаров в 32 года избирается академиком РАН, получает первую звезду Героя Социалистического Труда и Сталинскую премию. Кроме него, звания Героев Социалистического Труда в ВНИИЭФ удостоиваются еще 10 участников разработки водородной бомбы. Для Ю.Харитона, Н.Духова и К.Щепкина это была уже третья звезда Героя. Никогда больше правительство СССР не присуждало столько Государственных (тогда Сталинских) премий за одну разработку одного института. Более 100 человек стали лауреатами. Это почти треть всех лауреатов ВНИИЭФ с 1949 по 1990 годы. Даже за разработку первой советской атомной бомбы было значительно меньше наград.

результату исполнения, а не по заявленным целям. Определяющую роль должны играть проекты поддержки научных разработок "по нарастающей". Например, ассигнование 30 тыс. долл. на начальные исследования и фиксацию интеллектуальной собственности (provisional patent applications), затем финансирование в размере 200 тыс. долл. на создание опытных образцов и подачу патентов на реальные инновации и, наконец, содействие в поиске инвестора(ов). Государство (через инкубатор или инкубационную программу) может сохранить неблокирующий пакет акций на такой проект.

Кадры высокотехнологических компаний могут формироваться на мировом рынке высококвалифицированной рабочей силы. И здесь большое внимание зарубежных компаний привлекает экспорт и, особенно, реэспорт высококвалифицированных российских ученых и инженеров, колоссальное число которых сегодня играет ключевую роль в их успешном развитии. При уровне среднегодового дохода в 100 тыс. долл. реальный доход специалиста при реэспорте уже составит ~150 тыс. долл. Плюс участие в доходах компании (Employee Stock Option Plan – ESOP).

Для эффективного привлечения квалифицированных специалистов в отечественную промышленность необходимо разворачивать системы их защиты от противоправных действий, а также строительство коттеджных поселков с развитой инфраструктурой.

Экспертиза. Научные общества. Систему финансирования научных разработок следует диверсифицировать с привлечением международных экспертов, участием в международных (особенно европейских) программах. Основная роль здесь отводится научной группе, независимо от того, где она возникла – в Академии или университете. Такая высококомпетентная группа должна быть защищена (при наличии достаточного финансирования) от необоснованного административного воздействия.

Следует активно развивать систему экспертиз на основе РАН, в которой сконцентрированы основные интеллектуальные ресурсы

страны. Экспертиза должна проводиться и независимыми научными обществами. Создание таких обществ, в которые могут войти ученые как Академии наук, так и университетов, позволит иметь независимые и конкурирующие группы экспертов, проводящих оценку предлагаемых проектов. В России подобные независимые научные сообщества существовали. Так, в 1907 году было образовано Общество содействия успехам опытных наук и их практическим применениям с базовым капиталом в 1,6 млн. долл. (что по доле ВВП эквивалентно современному уровню в ~0,6 млрд. долл.). Общество финансировало практически все ключевые разработки начала XX века – от исследований в области телевидения и аэронавтики (лаборатория Н.Е.Жуковского, Физическая лаборатория П.Н.Лебедева) до программ по геологии (поиски и картография урановых руд В.И.Вернадского) и медицине (строительство для работ И.П.Павлова корпуса с башнями "молчания" и др.). Общество было закрыто в 1918 году. Существовало и менее мощное Русское техническое общество, а также другие организации, способные если не к финансированию, то хотя бы к независимой экспертизе проектов.

Научно-инженерный аспект. Следует отметить основные направления работ, в которых Россия может добиться конкурентоспособности и построить собственную базу защищенной интеллектуальной собственности в области микроэлектроники.

Программное обеспечение. Затраты на формирование компаний, специализирующихся на разработке программного обеспечения, минимальны (отчисления на оплату персонала, приобретение вычислительной техники, офисных помещений достаточно малой площади и закрепление интеллектуальной собственности). Отдача же – максимальна. А число исключительно квалифицированных программистов в России огромно. Проблема заключается в том, что программное обеспечение ориентировано на определенную систему или тип электронного устройства, и поэтому его успешная разработка возможна лишь при тесном взаимодействии либо с конечным потребителем, либо с проектировщиком или производителем этой системы или устройства.

Архитектура интегральных микросхем. Кризис традиционной архитектуры современных микропроцессоров и переход к конструкциям с несколькими процессорными ядрами, а также появление асинхронных архитектур свидетельствуют о возрастании роли микросхем подобного типа. Определяющей становится проблема обеспечения баланса между устройствами с параллельно работающими процессорами, которые до недавнего времени специализировались на решении легко формализуемых задач, и необходимостью построения микросхем общего назначения с несколькими центральными процессорами. Продукция компаний, успешно решающих эту проблему, будет востребована на рынке. Сложность проблемы заключается в том, что оптимизация архитектуры, в конечном итоге, зависит от характеристик и исполнения аппаратных средств (методов синхронизации, используемых межсоединений и т.п.). Каким бы элегантным ни было архитектурное решение, оно бессмысленно, если его нельзя выполнить существующими технологическими средствами.

Проблема межсоединений. По мере уменьшения топологических размеров транзистора и увеличения скорости его переключения кардинально возрастает проблема межсоединений. Бесконечно уменьшать их размеры, даже при переходе на медную технологию, нельзя из-за резкого роста их сопротивления. С увеличением быстродействия микросхемы возникают проблемы задержки сигнала в межсоединениях блоков и плат. Поэтому при масштабировании микросхем размеры межсоединений не уменьшаются,

Вспоминает академик РАН Н.А.Доллежалъ: “Вскоре после испытательного взрыва атомной бомбы в 1949 году меня вызвали в Государственный банк СССР. Поздравили с присуждением Сталинской премии и сообщили, что на мое имя открыт счет на 750 тыс. руб. (что в пересчете на сегодняшний день составляет примерно 1,5 млн. долл., *прим. автора*). Можете, предложили, хоть сейчас снять всю сумму, а можете обращаться по мере необходимости. Остановились на последнем”.

а в ряде случаев их высота увеличивается, превышая поверхность кремниевого кристалла на несколько уровней.

Через семь-десять лет ожидается освоение технологии формирования оптических соединений элементов микросхем. Российские ученые лидируют в области лазерной физики (школы академиков Н.Г.Басова и А.М.Прохорова, получивших Нобелевскую премию в области физики за изобретение лазерно-мазерного принципа, академика Ж.И.Алферова, нобелевского лауреата за разработку полупроводниковых гетероструктур для быстродействующих микро- и оптоэлектронных схем и, в большей степени, – за создание первого пригодного для практического применения лазера). Школы полупроводниковых лазеров существуют в таких институтах РАН, как ФТИ, ИОФАН, ИРЭ и других. Необходимо лишь объединить лазерные решения с концепциями кремниевых электронных устройств (мощность и другие параметры лазерного пучка, дрожание, обеспечение низких издержек производства, возможности масштабирования и т.п.). Такие ведущие зарубежные полупроводниковые компании, как Intel и AMD, разрабатывают принципы построения оптических межсоединений и концепции оптической синхронизации микросхем с помощью самопульсирующих лазерных диодов.

Нанотехнологии. Характерная длина затвора МОП-транзисторов в микросхемах ближайших поколений приближается к 10 нм, т.е. наступает эра наноразмерных устройств, формируемых методами нанотехнологии. А это требует применения новых типов фоторезистов, образуемых молекулами малых размеров, новых металлических покрытий, состоящих из нанодисперсных поликристаллов. Появились микросхемы, формируемые на напряженном кремнии, выращенном на подслое кремния-германия (чем больше механические напряжения, тем лучше характеристики прибора). Для реализации максимально напряженных планарных или однородно наногетероструктурированных слоев и подавления прорастающих дислокаций необходимо хорошо понимать процессы эпитаксиального роста, в том числе и процессы формирования самоорганизующихся слоев.

Необходимы и диэлектрики со сверхвысокой или свернизкой диэлектрической проницаемостью.

Выводы

Из сказанного следует, что возрождение научно-технического потенциала страны в области элементной базы современных электронных систем – задача не менее приоритетная, чем в свое время было создание ракетно-ядерного щита. Более того, без современных электронных средств обнаружения, наведения, управления и защиты ядерный щит становится бессмысленным. Сегодня возрождение возможно только с использованием экономических методов и с привлечением широкого круга специалистов, в том числе и иностранных. Команду для подготовки проекта и отбора компетентных, энергичных взаимодополняющих специалистов следует формировать на основе многоуровневого конкурса с привлечением международного жюри, экономических экспертов, представителей заинтересованных компаний и пр. Штаб проекта должен иметь непосредственный выход на высшее руководство страны. ○